

渦輪の安定配列固有値の解析

芦 刈 照 夫 (基礎工学類)

栢 植 俊 一 (構造工学系)

一様流の中に置かれたリング状物体の後方には安定な交替渦輪列が形成されていることが、最近高本及び泉によって実験的に発見された¹⁾。その報告によると、半径及び向きが異なる2種類の渦輪(有限のコアを持つもの)が交互に規則的に並んで安定な系列を形成している。本研究は、この3次元渦輪列の安定配列に対する解を解析的に求めようとするものである。ただし、流体は完全流体であるという仮定のもとに以下のすべての議論が行われている。

まず安定論に入る前にこの3次元渦輪列が平衡状態にある場合の配列を求めた。これによると、逆の向きを持つ、外側と内側の渦輪が交互に等間隔で並んでいる必要がある。そこでこの配列に関して安定解析を行った。この解析は Th. V. Kármán が Kármán 渦列の解析を行ったときに用いた手法に倣って行った²⁾。ただし有限のコアを持つ渦輪を円形渦糸であると仮定している。また内側と外側の渦輪の半径の比を α 、渦輪同士の間隔と外側の渦輪の直径の比を β として解析のパラメータの一部として用いている。

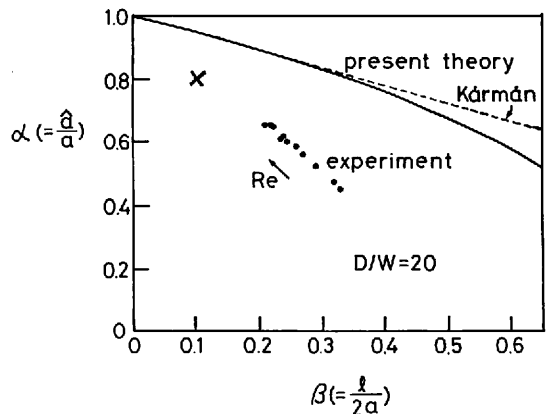
その結果、渦輪の半径が無限大のときには、Kármán 渦の場合と全く同じ解析解が得られた。しかしこの解には、Kármán 渦列とこの3次元渦輪列の根本的相違である軸対称性の効果が含まれていない。そこでこの軸対称性の効果を含む解を数値的に求めると第1図のようになる。この図は縦軸に α 、横軸に β をとっている。実線で示してあるものが数値解で、破線からのずれが軸対称性による効果であると考えられる。また泉及び高本による実験結果の一部も同時に示してある³⁾。×印は Re 数を無限大としたときの、この実験の推

定値を示している。この図から、内側と外側の渦輪の半径の比(α)を一定としたとき、軸対称性の効果を含む解は Kármán 系列と同一の解の場合よりは渦輪同士の間隔は狭くなるが、実験結果よりは間隔が広がっていることがわかる。

次に実際の現象において、安定配列が決定される機構を考えてみる。まず一様流の流速とリング状物体の大きさによって外側と内側の渦輪の循環 a_k, \hat{a}_k が決定される。この数値が保存されたまま α 及び β が安定条件を満足するように自動的に決定されるものと考えられる。ただし α は内側と外側の渦輪の半径の比であり、 β は渦輪同士の間隔 l と外側の渦輪の直径 $2a$ の比である。

参考文献

- 1) M. Takamoto and K. Izumi : Phys. Fluids 24, (1981), 1582.
- 2) Th. V. Kármán : Göttinger Nachrichten, Math.-Phys. KI (1911) 509.
- 3) 泉耕二・高本正樹 (1981) : 流れの可視化, 1, 175.



第 1 図